

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO**  
**DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES**



**“DISEÑO ESTRUCTURAL CASA DEL MAESTRO - BERMEJO”**

Por:

**MARIBEL MAYTA FERNÁNDEZ**

Proyecto presentado a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería civil.

Semestre I - 2019

TARIJA – BOLIVIA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO**  
**DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES**

**“DISEÑO ESTRUCTURAL CASA DEL MAESTRO - BERMEJO”**

Por:

**MARIBEL MAYTA FERNÁNDEZ**

**Semestre I - 2019**

**TARIJA-BOLIVIA**

## DEDICATORIA

A mis padres Isaac y Victoria, quienes me apoyaron todo el tiempo, por la paciencia y porque nunca dejaron de creer en mí.

Al Ing. Kenny Zenteno quien me apoyo y alentó para continuar.

A mis hermanos Alisandra y José quienes fueron un gran apoyo emocional.

Y a Dios, por darme la capacidad de poder concluir este trabajo.

## ÍNDICE

CAPITULO I.....	1
1. ANTECEDENTES.....	1
1.1. El problema.....	1
1.1.1. Planteamiento.....	1
1.1.2. Formulación.....	1
1.1.3. Sistematización.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. General.....	2
1.2.2. Específicos.....	2
1.3. Justificación.....	2
1.3.1. Académica.....	3
1.3.2. Técnica.....	3
1.3.3. Social e institucional.....	3
1.4. Alcance.....	3
1.4.1. Aporte académico.....	4
1.5. Localización.....	4
CAPITULO II.....	5
2. MARCO TEORICO.....	5
2.1. Generalidades.....	5
2.2. Levantamiento topográfico.....	5
2.3. Estudio de suelos.....	5
2.3.1. Descripción del equipo SPT.....	5
2.3.2. Clasificación de suelos sistema SUCS.....	6
2.4. Programas de cálculo estructural SAP 2000 v14 y CYPECAD 2014.....	7
2.5. Idealización de la estructura.....	8
2.6. Diseño estructural y normativas.....	8
2.7. Estructura de cubierta.....	9
2.7.1. Generalidades.....	9

2.7.2. Materiales.....	11
2.7.3. Diseño de elementos metálicos.....	11
2.7.3.1. Diseño de elementos a tracción.....	11
2.7.3.2. Diseño de elementos a compresión.....	11
2.7.3.3. Diseño de elementos a flexo tracción.....	13
2.7.3.4. Diseño de elementos a flexo compresión.....	14
2.7.3.5. Diseño de uniones soldadas.....	15
2.7.4. Cargas.....	17
2.8. Hormigón armado.....	17
2.8.1. Generalidades.....	17
2.8.2. Características de los componentes del hormigón armado.....	18
2.8.2.1. Hormigón.....	18
2.8.2.2. Acero de refuerzo.....	19
2.8.3. Cargas sobre la estructura.....	19
2.8.4. Estados límites.....	21
2.8.5. Coeficientes de seguridad.....	22
2.8.6. Hipótesis de carga.....	23
2.8.7. Adherencia.....	23
2.8.8. Anclaje de armaduras.....	24
2.8.9. Empalmes de armaduras.....	25
2.8.10. Vigas de hormigón armado.....	25
2.8.10.1. Diseño a flexión simple.....	26
2.8.10.2. Diseño a cortante.....	29
2.8.10.3. Valores admisibles para flechas en vigas.....	30
2.8.10.4. Diseño de viga curva.....	30
2.8.11. Pilares de hormigón armado.....	33
2.8.11.1. Diseño de pilares de hormigón armado.....	34
2.8.12. Fundaciones.....	38
2.8.12.1. Cálculo de zapatas aisladas.....	40
2.8.13. Escaleras de hormigón armado.....	46

2.8.14. Losas alivianadas.....	47
2.8.15. Escaleras autoportantes.....	48
2.9. Estrategia para la ejecución del proyecto.....	51
2.10. Especificaciones técnicas.....	51
2.11. Precios unitarios.....	52
2.12. Cómputos métricos.....	52
2.13. Presupuesto.....	53
2.14. Cronograma de ejecución.....	53
CAPITULO III.....	54
3. INGENIERIA DEL PROYECTO.....	54
3.1. Generalidades.....	54
3.2. Análisis del levantamiento topográfico.....	54
3.3. Análisis del estudio de suelos.....	55
3.4. Análisis del diseño arquitectónico.....	55
3.5. Planteamiento estructural.....	56
3.5.1. Estructura de sustentación de la cubierta.....	56
3.5.2. Estructura de sustentación de la edificación.....	56
3.5.3. Estructura de entrepiso.....	57
3.6. Análisis, cálculo y diseño estructural.....	57
3.6.1. Diseño de la estructura de cubierta.....	57
3.6.1.1. Análisis de la cubierta.....	58
3.6.1.2. Cálculo de la correa.....	60
3.6.1.3. Cálculo de los elementos que forman la cercha.....	65
3.6.1.4. Diseño y verificación de elementos a flexo compresión.....	69
3.6.1.5. Diseño y verificación de elementos a flexo tracción.....	72
3.6.1.6. Diseño de la unión soldada.....	76
3.6.1.7. Diseño de la placa de anclaje.....	77
3.6.1.8. Diseño de los pernos de anclaje.....	79
3.6.2. Diseño de la estructura de hormigón armado.....	81
3.6.2.1. Análisis de carga.....	81

3.6.2.2. Diseño de elementos a flexión (Vigas).....	87
3.6.2.3. Resultados (armaduras) Manual-Programa Cypecad de viga.....	97
3.6.2.4. Comprobación de la flecha de la viga.....	98
3.6.2.5. Diseño de la viga curva.....	99
3.6.2.6. Diseño de losa alivianada.....	104
3.6.2.7. Diseño de elementos a compresión (Columnas).....	115
3.6.2.8. Resultados (armaduras) Manual-Programa Cypecad de columna.....	120
3.6.2.9. Diseño de elementos de fundación (Zapata aislada).....	121
3.6.2.10. Resultados (armaduras) Manual-Programa Cypecad de zapata.....	127
3.6.2.11. Diseño de escalera.....	128
3.6.2.12. Resultados (armaduras) Manual vs. Programa Cypecad de escalera.....	134
3.7. Desarrollo de la estrategia para la ejecución del proyecto.....	135
3.7.1. Cómputos métricos.....	135
3.7.2. Precios unitarios.....	135
3.7.3. Presupuesto general.....	135
3.7.4. Especificaciones técnicas.....	136
3.7.5. Cronograma de ejecución de obra.....	136
CAPITULO IV.....	137
4. APORTE ACADEMICO.....	137
4.1. Marco conceptual.....	137
4.2. Generalidades.....	137
4.3. Diseño de escalera autoportante.....	137
4.4. Comparación resultados de la escalera.....	147
4.5. Comparación económica.....	148
4.6. Comportamiento estructural.....	149
4.7. Forma de diseño.....	149
4.8. Análisis de la escalera autoportante.....	150
4.9. Procedimiento de análisis.....	152
4.10. Idealización estructural para el análisis de la escalera autoportante.....	152
CAPITULO V.....	154

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	154
5.1. Conclusiones.....	154
5.2. Recomendaciones.....	157
BIBLIOGRAFIA.....	158
ANEXOS	
ANEXO I. Tablas y ábacos	
ANEXO II. Levantamiento topográfico	
ANEXO III. Estudio de suelos	
ANEXO IV. Resultados de la cubierta en SAP 2000 v.14	
ANEXO V. Diseño estructural	
ANEXO VI. Cómputos métricos	
ANEXO VII. Análisis de precios unitarios	
ANEXO VIII. Especificaciones técnicas	
ANEXO IX. Presupuesto general	
ANEXO X. Cronograma de ejecución	
ANEXO XI. Planos	



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Sistema de clasificación SUCS (suelos gruesos y suelos finos).....	6
Tabla 2.2. Coeficiente de pandeo de columnas.....	13
Tabla 2.3. Resistencia del hormigón en función del tipo de acero.....	18
Tabla 2.4. Coeficiente eólico de sobrecarga.....	20
Tabla 2.5. Valores de “ $\alpha$ ”.....	25
Tabla 2.6. Valores limites.....	26
Tabla 2.7. Cuantías mínimas para elementos estructurales.....	29
Tabla 3.1. Combinación de carga sobre el eje x.....	63
Tabla 3.2. Combinación de carga sobre el eje y.....	63
Tabla 3.3. Esfuerzos obtenidos en las barras de la combinación de carga envolvente mediante el programa Cypecad 2014.....	67
Tabla 3.4. Reacciones de la cercha para la combinación de cargas envolventes.....	68
Tabla 3.5. Desplazamiento máximo obtenido bajo cargas de servicio.....	68
Tabla 3.6. Detalle barra N9/N6.....	69
Tabla 3.7. Elementos a compresión.....	72
Tabla 3.8. Detalle barra N1/N2.....	73
Tabla 3.9. Barras sometidas a tracción.....	75
Tabla 3.10. Características de acero para el diseño de unión soldada.....	76
Tabla 3.11. Sobrecarga de uso.....	84
Tabla 3.12. Sobrecargas de uso seleccionadas.....	84
Tabla 3.13. Datos geométricos del edificio.....	86
Tabla 3.14. Comparación de resultados de armadura de la viga.....	97
Tabla 3.15. Valores de $K'$ y $\lambda$ para diferentes valores de $y/x$ .....	99
Tabla 3.16. Comparación de resultados de armadura de la columna C7.....	120
Tabla 3.17. Comparación de resultados de armadura de zapata.....	127
Tabla 3.18. Comparación de resultados de armadura de la escalera 1.....	134
Tabla 3.19. Parámetros utilizados.....	136
Tabla 4.1. Comparación de resultados escalera autoportante.....	147

Tabla 4.2. Resumen costo de acero.....	148
Tabla 4.3. Resumen costo de encofrado.....	148
Tabla 4.4. Resumen costo de hormigón.....	149

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1. Ubicación del lugar de emplazamiento.....	4
Ilustración 2.1. Imagen referencial de idealización.....	8
Ilustración 2.2. Soldadura de filete.....	16
Ilustración 2.3. Decalaje de envolvente de momentos flectores.....	24
Ilustración 2.4. Armaduras características en vigas.....	28
Ilustración 2.5. Viga circular sometida a una carga uniforme, que muestra el momento de flexión Diagrama (BMD) y el diagrama de momento torsional....	32
Ilustración 2.6. Pórticos traslacionales y pórticos intraslacionales.....	35
Ilustración 2.7. Disposición de armadura en estribos.....	38
Ilustración 2.8. Formas típicas de zapatas.....	39
Ilustración 2.9. Sección de diseño de zapata.....	43
Ilustración 2.10. Representación de las partes de una escalera.....	46
Ilustración 2.11. Vigueta pretensada.....	47
Ilustración 2.12. Tramo de escalera.....	49
Ilustración 2.13. Esquema estructural de escalera autoportante.....	50
Ilustración 2.14. Fuerzas actuantes en cada tramo de escalera.....	50
Ilustración 3.1. Levantamiento topográfico (curvas de nivel cada 0.10 m).....	54
Ilustración 3.2. Cubierta.....	57
Ilustración 3.3. Geometría de la cercha.....	58
Ilustración 3.4. Espaciamiento entre correas.....	60
Ilustración 3.5. Perfil U.....	61
Ilustración 3.6. Vista en planta de cubierta.....	65
Ilustración 3.7. Numeración de barras y nudos.....	66
Ilustración 3.8. Perfil C.....	69
Ilustración 3.9. Perfil C.....	73
Ilustración 3.10. Características típicas muro de ladrillo e=20cm.....	83
Ilustración 3.11. Esquema estructural.....	86
Ilustración 3.12. Envolvente de momento flector.....	87

Ilustración 3.13. Cortante en viga.....	92
Ilustración 3.14. Viga 14, pórtico 2, grupo 2 (entre pilares 12 y 13).....	97
Ilustración 3.15. Información de viga 14.....	98
Ilustración 3.16. Viga curva.....	99
Ilustración 3.17. Disposición de armadura de viga curva.....	103
Ilustración 3.18. Losa alivianada a diseñar.....	104
Ilustración 3.19. Características geométricas del complemento aligerante.....	105
Ilustración 3.20. Espesor mínimo de la carpeta de hormigón.....	106
Ilustración 3.21. Características geométricas de la vigueta pretensada.....	107
Ilustración 3.22. Características geométricas de la carpeta de hormigón in situ.....	108
Ilustración 3.23. Características geométricas de la sección compuesta de la losa....	108
Ilustración 3.24. Características geométricas de la sección homogeneizada.....	109
Ilustración 3.25. Sección homogeneizada.....	110
Ilustración 3.26. Columna C7.....	115
Ilustración 3.27 Armadura de columna C7.....	120
Ilustración 3.28 Zapata.....	123
Ilustración 3.29. Corte de zapata.....	125
Ilustración 3.30. Armadura de zapata de columna C7.....	127
Ilustración 3.31. Geometría de escalera 1.....	128
Ilustración 3.32. Cargas actuantes.....	130
Ilustración 3.33. Armadura de escalera 1.....	135
Ilustración 4.1. Geometría de escalera autoportante.....	137
Ilustración 4.2. Diagrama de fuerzas.....	139
Ilustración 4.3. Disposición de armadura en escalera.....	147
Ilustración 4.4. Distribución de la carga en la escalera.....	150
Ilustración 4.5. Descomposición de fuerzas.....	151
Ilustración 4.6. Reacciones y momentos producidos.....	151
Ilustración 4.7. Procedimiento de análisis.....	152
Ilustración 4.8. Idealización de la estructura.....	153